

# Evaluación de riego por goteo en arándanos en el centro sur de Chile

El siguiente artículo, basado en la presentación del Dr. Jorge Jara en el Simposio de Riego de Viña del Mar, nos muestra que muchos huertos – pese a tener aceptables coeficientes de uniformidad (emisores relativamente buenos) –, pueden tener una mala Eficiencia Total de Distribución de agua. Además, se demostró que sistemas simples de cálculo de evapotranspiración de cultivo, como el modelo de Hargreaves y Samani y factores de cobertura, son prácticos para estimar los requerimientos de agua de los cultivos.

*J. Jara, E. Holzapfel, A. Quiñones, M. Soto  
Fac. de Ing. Agrícola. Universidad de Concepción*

En la zona centro-sur de Chile los expertos en riego de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción evaluaron la eficiencia de riego en dos huertos de arándano de la Región del Bio Bio. Ambos huertos son “de primera línea en cuanto a calidad de producto y a nivel de exportación”, explica Jara; “con sus propios packings, exportan directamente y disponen de un equipo profesional idóneo en el área productiva”.

Cada uno de los dos predios

estudiados, uno en Chillán y otro en Los Ángeles, presentan una superficie plantada de 80 ha de arándanos. El de Chillán se estudió durante la temporada 2006-07 y el de Los Ángeles durante la temporada 2003-04. Los huertos analizados se ubican en zonas de clima mediterráneo, con un promedio de precipitaciones de 1.200 a 1.300 mm anuales (abril-agosto) y con enero como el mes más caluroso (30 °C). Ambos tienen suelos aluviales, con profundidad de 90 cm el de Chillán y de 120



cm el de Los Ángeles. El rango de capacidad de almacenamiento de agua del suelo (entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente) del predio de Chillán se estimó en 170 mm a 200 mm. En tanto que la del predio de Los Ángeles se estimó en 120 mm a 200 mm.

“Particularmente en el huerto de Chillán se cultivan numerosas variedades de arándanos con el fin de cosechar desde fines de diciembre hasta marzo, estrategia que apunta a mejorar la gestión de la mano de obra a cosecha. El rango de edad de las plantas variaba de recién transplantadas a 15 años en el huerto. Los predios además presentan diferentes espaciamientos, tanto de marco de plantación como de distancia entre emisores, así como diferentes caudales nominales entre emisores. Las empresas productoras,

en especial la de Chillán, debían manejar el riego incorporando esa enorme diversidad”, señala el investigador.

## Huerto de Chillán:

**Varietades:** Climax, Brightwel, Bonita, O’Neal, Duke, Briggita, Legacy (de 1 a 15 años).  
**Marco de plantación:** 3 x 1,7 m. **Distancia entre goteros:** 100 cm. **Caudal nominal:** 4 L h<sup>-1</sup>. **Y, MP:** 3 x 1,0 m. **DG:** 20 a 100 cm. **CN:** 4 y 2 L h<sup>-1</sup>. Un solo lateral.

## Huerto de Los Ángeles:

**Varietades:** O’Neal, MistyDuke y Duke Yellow (de 2 a 5 años). **Marcos de plantación:** 1 x 2,8 m y 0,6 x 2,8 m. **Distancia entre goteros:** 50 cm. **Caudal nominal:** 1 L h<sup>-1</sup>. Dos laterales.

En Chillán se seleccionaron 9

sectores (de entre casi 40) para el estudio. La superficie de los sectores elegidos fluctuaban entre 1,3 y 4,8 ha

*“Lo que aparece destacado son los lugares donde se realizó el muestreo y se monitoreó la eficiencia de aplicación del agua”.*



“En Los Ángeles hay dos sectores de gran superficie de los cuales escogimos subsectores, unos más lejanos y otros más cercanos de la estación de bombeo, de modo de tener una cierta representatividad del predio”, señala Jara.

*Sectores elegidos en Los Ángeles: 6 sectores de entre 2,0 y 4,7 ha. Se trabajó con tres laterales (15 emisores).*



En ambos predios se utilizó un Neutrómetro Troxler (21 tubos de acceso en Chillán y 54 en Los Ángeles), para monitorear la humedad del suelo. “Buscamos hacer un muestreo lo más denso posible e instalamos tubos de acceso den-

tro y fuera de los bulbos húmedos, para conocer lo que estaba pasando con la extracción de agua por parte de las raíces”. Las profundidades de muestreo fueron 0-30, 30-60, 60-90 cm y se realizaron 2-3 mediciones por semana, justo antes del riego del día. “En los dos predios se regaba todo los días, precisa Jara, lo que da una indicación del valor del arándano para el agricultor”.

En Chillán el agricultor regó por su cuenta hasta diciembre y luego fue evaluado por los investigadores. Después, de enero a marzo, el riego estuvo a cargo de los ejecutores del estudio. Según Jara: “Eso sirvió para demostrarle al productor que se podía mejorar bastante el riego con sólo utilizar técnicas simples de cálculo de la demanda de agua del cultivo y programar tiempos de riego. Al final todo se traduce en cuántas horas de riego tiene que dar el agricultor”.

Para programar el riego en Chillán se utilizó el modelo de Hargreaves y Samani (H-S), un método simple que básicamente requiere temperaturas máximas del aire de la zona en estudio. “Afortunadamente contamos con buenos pronósticos –de dos o tres días– de temperaturas máximas y mínimas, lo que nos permite –por ejemplo– que el día viernes se deje programado el riego del sábado y del domingo. Eso el agricultor lo encontró fantástico y el encargo del riego también”.

## Metodología de cálculo:

La demanda de agua del cultivo (ETc) se estimó a partir de la evapotranspiración de referencia (ETr) –usando el modelo de Hargreaves y Samani–, un factor de cobertura (FC) estimado en función de un factor de sombreado (P), el cual depende del diámetro de la sombra proyectada en el suelo

por la planta al medio día (Ds), del espaciamiento entre hileras (Ech), del espaciamiento sobre la hilera (Esh), y la constante  $\pi$  (3,1416).

$$ETc = ETr * Kc * FC \quad FC = 1,28 * P + 0,11$$

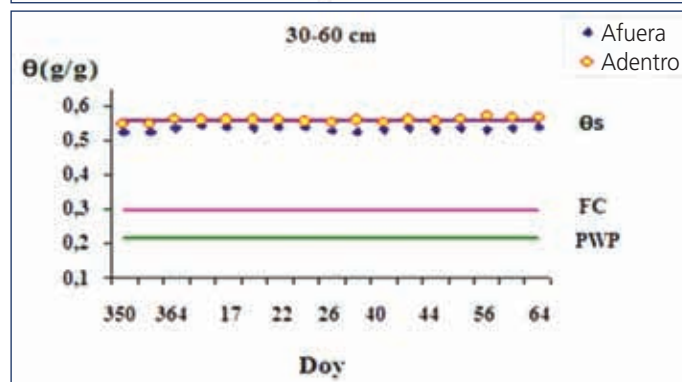
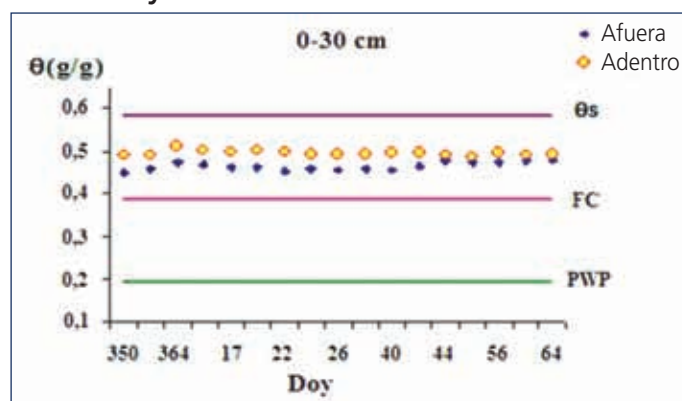
$$P = \frac{\pi}{4} \frac{Ds^2}{Ech * Esh}$$

El coeficiente de cultivo (Kc) para el arándano, para la época del estudio, se consideró igual a 1; y usaron un factor de cobertura (FC) variable entre 0,14 y 1,0. Este FC incorpora el marco de plantación e, indirectamente, la edad o desarrollo vegetativo de la planta para así considerar el efecto de microadvección que se produce cuando la vegetación no cubre totalmente el terreno y los rayos del sol calientan el suelo adyacente a la planta, aumentando la demanda atmosférica. De este modo, no es infrecuente encontrar que una planta pequeña puede requerir

mas agua que la que le correspondería a su tamaño.

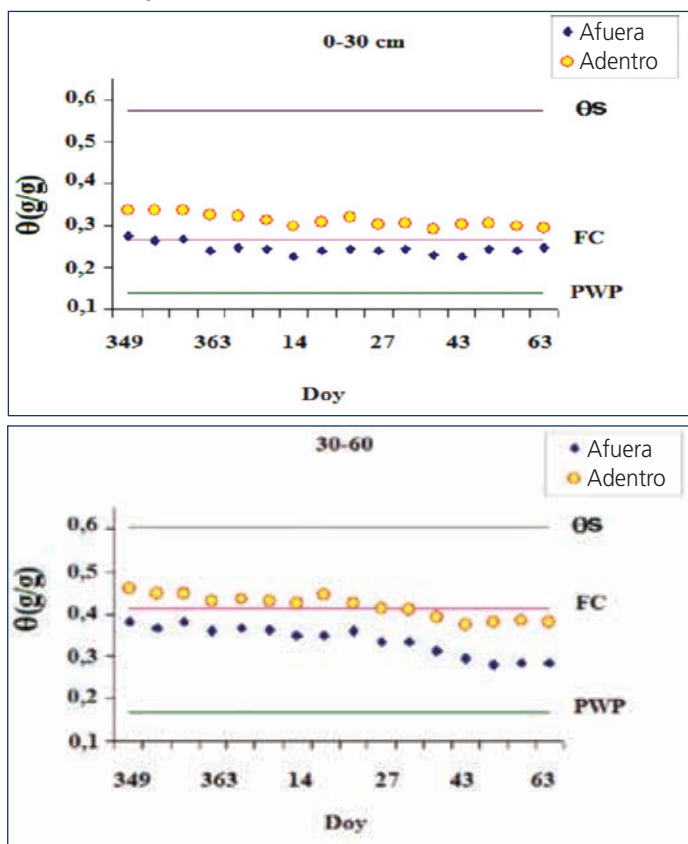
Para evaluar en Los Ángeles utilizaron el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) y la Eficiencia Total de Distribución (TED: relación entre la variación del agua aplicada en cada punto respecto de la cantidad total de agua requerida por el cultivo). “La Eficiencia Total de Distribución indica en qué porcentaje se cubren las necesidades del cultivo y qué tan uniforme fue el riego. El 100% significa que el agua fue aplicada homogéneamente y satisfizo plenamente los requerimientos de la planta. Si se aplica menos o más que eso y/o de manera desuniforme, entonces el valor de la Eficiencia Total de Distribución comienza a bajar, por lo que es un buen indicador de cuán bien o mal se está regando. Según Jara, se considera buenos valores de TED sobre el 70%.

## Gráficos 1 y 2



\*Todos los gráficos, excepto el N° 7, muestran dos series de datos, una con líneas y círculos y otra con líneas y cuadrados. La primera corresponde al interior del bulbo de mojamiento y la segunda a afuera del bulbo de mojamiento.

Gráficos 3 y 4



En Los Ángeles encontraron los siguientes rangos de valores:

Mes	CUC (%)	TED (%)
Enero	87-95	0-90
Febrero	93-95	9-86
Promedio	91	44

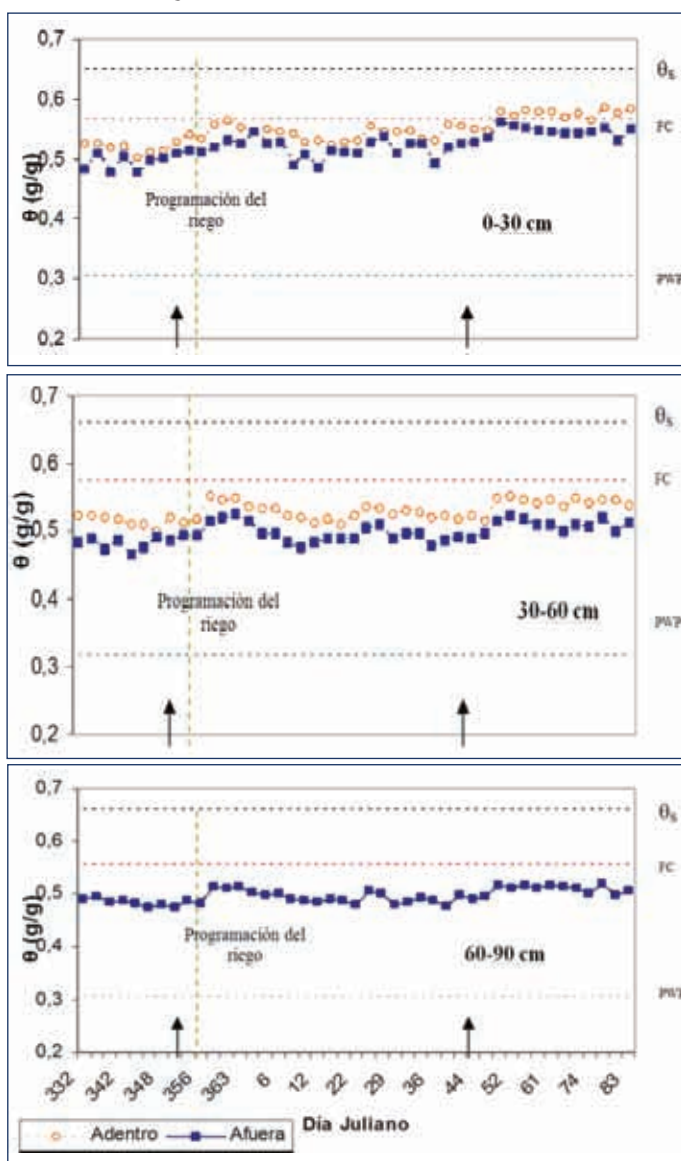
“Se aprecia un Coeficiente de Uniformidad bastante aceptable, pero en la Eficiencia Total de Distribución (TED) encontramos rangos que iban de 0 a 90% (enero). El 0% significa que toda el agua que se está aplicando no se está aprovechando. Algo parecido ocurre en febrero. Lo interesante es comprender por qué se tiene un rango tan amplio de valores”. En el caso de Los Ángeles los bajos valores de TED se deben a un exceso de agua aplicada y a problemas de drenaje. “En el caso del 0% de TED, todas las lecturas anteriores al riego (gráficos 1 y 2, página 43), en los dos rangos de profundidades monitoreadas, están sobre Capacidad de Campo (FC). El agricultor no necesitaba regar porque el suelo,

a 30 y 60 cm, estaba saturado. El suelo tenía evidentes problemas de drenaje pero el agricultor continuaba aplicando agua”.

Pero también encontraron situaciones de déficit de agua en otro sector del mismo predio. En los gráficos 3 y 4 se observa que entre los 0 y los 30 cm se mantiene de forma bastante aceptable dentro del rango de Capacidad de Campo (FC). Pero si se observa la profundidad que va de los 30 a los 60 cm, desde comienzos o mediados de enero, los contenidos de humedad comienzan a disminuir progresivamente. La razón es que el productor asumía que la descarga de los goteros era de  $1 \text{ L h}^{-1}$ , sin embargo la descarga real era de  $0,6 \text{ L h}^{-1}$ . No habían tenido la precaución de comprobar el caudal real de los goteros. Por esto, en este último sector, la TED también era baja.

En el huerto de Los Ángeles había buena uniformidad (CUC), lo que significa que los goteros

Gráficos 5, 6 y 7



funcionaban relativamente bien. Aunque en el último sector analizado emitían menos agua que lo definido como caudal nominal, en general aplicaban el agua de forma homogénea.

## El huerto de Chillán

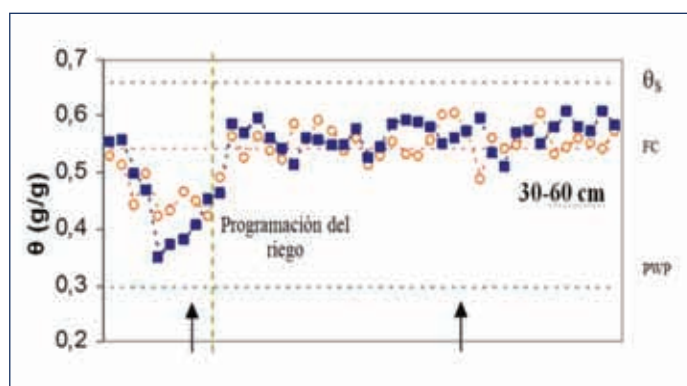
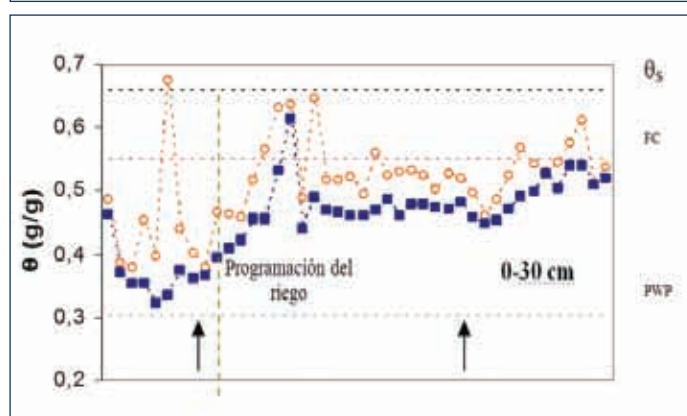
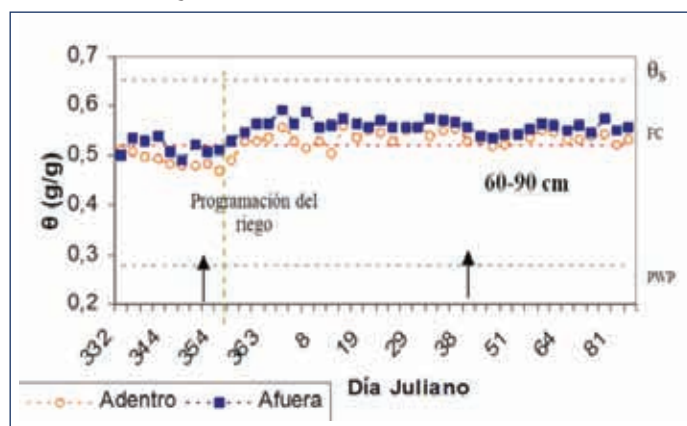
En diciembre, mes en que se aplicaba el criterio de riego del agricultor (“un ingeniero agrónomo de bastante experiencia”), las eficiencias de distribución eran altas pero la TED bastante baja (32-61%). “Cuando empezamos a programar el riego, lo que consistía finalmente en decirle al agricultor cuantas horas regar, en

enero y febrero los valores de TED tuvieron un gran salto y llegaron a valores del 93%. Sin embargo, lo único que hicimos fue determinar correctamente la evapotranspiración” (gracias al modelo de Hargreaves y Samani) y utilizar los factores de cobertura.

## Huerto de arándanos de 15 años en Chillán:

“A fines de diciembre, antes de la programación del riego, el agricultor manejaba bastante bien el riego del huerto de arándanos de 15 años. Su contenido de humedad se movía entre Capacidad de Campo (FC) y Punto de Mar-

## Gráficos 8, 9 y 10



chitez Permanente (PWP). El operador del sistema de riego ya tenía 15 años de experiencia en el riego de esos arándanos y una buena

'sintonía visual' respecto a lo que estaba pasando con las plantas y el suelo. En los otros rangos de profundidad, 30-60 y 60-90 cm,

#### Rango de Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) y Eficiencia Total de Distribución (TED) del huerto de Chillán. Temporadas 2006-07:

Mes	CUC (%)	TED (%)
Dic. (riego del agricultor)	80-95	32-61
En. (riego programado)	88-95	81-93
Feb. (riego programado)	85-94	87-93
Promedio (%)	90	74

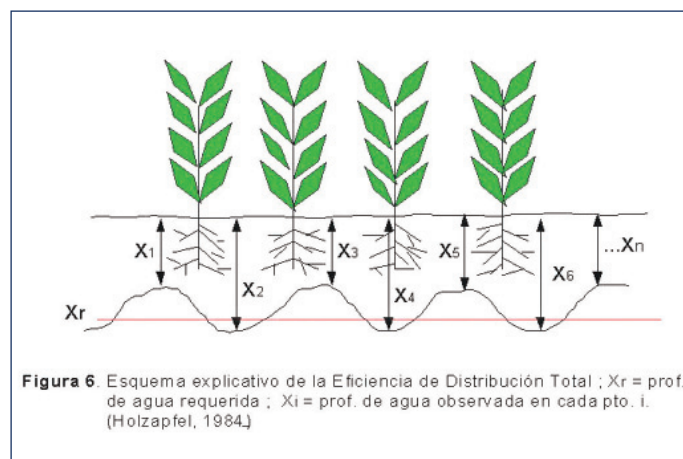


Figura 6. Esquema explicativo de la Eficiencia de Distribución Total ;  $X_r$  = prof. de agua requerida ;  $X_i$  = prof. de agua observada en cada pto. i. (Holzapfel, 1984.)

se puede apreciar que antes de la programación del riego se cumplía bien con los requerimientos de agua y nosotros después sólo logramos una mayor estabilidad del riego. En este caso nuestra contribución fue bastante menor".

#### Huerto de arándanos de 1 año en Chillán:

"Sin embargo, y esa es la razón por la que el agricultor nos llamó, si se observa lo que pasa con el riego de los arándanos de 1 año (gráficos 8, 9 y 10) se aprecia una tremenda variabilidad de humedad en el suelo antes de empezar con la programación. Se notaba un alto nivel de estrés de las plantas, el que se debía básicamente a la falta de agua. Cuando comenzamos a programar el riego, al inicio nos costó ajustarlo pero luego logramos una buena estabilidad del contenido de humedad del suelo y las plantitas se recuperaron perfectamente". En los niveles de profundidad de 30-60 y 60-90 cm se aprecia que prácticamente no hay extracción de agua (sistemas radicales poco profundos).

Según el Dr. Jorge Jara, de esta experiencia se puede concluir que, en general, no hay problemas con los Coeficientes de Uniformidad, lo que significa que los emisores que se utilizan son relativamente buenos y, en los casos presentados, a pesar de que llevaban bastantes años en el campo, funcionaban de forma correcta.

La baja tasa de Eficiencia Total de Distribución de Los Ángeles significa que no se estaba haciendo bien el trabajo y que no se monitoreaba la humedad del suelo "por último con las manos". Las causas de la baja TED correspondían a aplicaciones excesivas o deficitarias de agua. El exceso se debía a que siempre se tendía a aplicar demasiada agua, aún cuando no era necesario regar y además había problemas de drenaje. El déficit, en tanto, se debía a que los goteros no entregaban el caudal nominal.

$$TED = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_r|}{n * X_r} \right] * 100$$

ETD: Eficiencia Total de Distribución.  
 $X_r$ : altura de agua requerida por el cultivo  
 $X_i$ : altura de agua infiltrada en el punto i.  
 n: número de observaciones

"Lo que nos dejó muy satisfechos fue que el modelo de Hargreaves y Samani resultó bastante bueno y práctico, para utilizarlo en terreno, si se tienen los coeficientes de calibración adecuados". El uso del modelo y la metodología aplicada permitió estimar correctamente los requerimientos hídricos y mejoró la Eficiencia Total de Distribución del agua de riego en los huertos de arándanos, aún en aquellas plantaciones nuevas donde es más difícil programar el riego. **CR**